

双层扭王字块 在天津港某防波堤工程中的应用

刘 帅

(中交(苏州)城市开发建设有限公司, 江苏 苏州 215100)

摘要:为解决潜堤易造成船舶搁浅及碰撞问题,以天津港某防波堤工程为研究对象,将其初步设计的单层扭王字块护岸结构优化为双层扭王字块。通过对不同形式双层扭王字块护面结构的使用功能、施工复杂程度、稳定性及造价,分析方案的可行性,并对施工中遇到的实际问题提出相应的解决方案。结果表明:双层扭王字块可解决船舶搁浅及碰撞问题,且满足防波堤护面结构的整体稳定性。

关键词:防波堤工程; 双层扭王字块; 施工控制措施

中图分类号: U 656.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S2-0104-05

Application of double-layer accropode blocks in a breakwater project in Tianjin Port

LIU Shuai

(CCCC(Suzhou) Urban Development and Construction Co., Ltd., Suzhou 215100, China)

Abstract: To solve the problem that submerged breakwaters are highly likely to cause grounding and collision, this paper takes a breakwater project in Tianjin Port as the research object and optimizes the preliminary design of a revetment structure of single-layer accropode blocks into one of double-layer accropode blocks. By comparing the use functions, construction complexity, stability, and cost of different forms of armor structures of double-layer accropode blocks, this paper analyzes the feasibility of the proposed scheme and puts forward corresponding solutions to the actual problems encountered in the construction. The results show that the double-layer accropode blocks can solve the problems of grounding and collision and meet the requirements of the overall stability of the armor structure of the breakwater.

Keywords: breakwater project; double-layer accropode block; construction control measure

1 工程概况

天津港地处渤海湾西部海岸中心,位于天津市东南部的海河口南侧滩涂浅海区。天津临港工业港区是海上通往北京的咽喉要道,同时又是连接华北、东北、西北地区的交通枢纽,区位优势明显,自然条件独特。

天津港大沽口港区东、北防波堤潜堤工程为天津港的传统防波堤工程,为标示防波堤潜堤段

的位置与走向,保障航行船舶安全及防波堤自身安全建设,该工程包括1条防波堤、1座灯塔、2座灯浮标和1座船舶自动识别系统(AIS)航标,其中防波堤为斜坡式结构,全长2.35 km。地理位置见图1。该防波堤顶高程最高为5.5 m、最低为2.5 m,内外侧坡度均为1:1.75。外海侧采用双层扭王字块护岸,内海侧采用单层扭王字块护岸,内外护面扭王字块均为6 t。

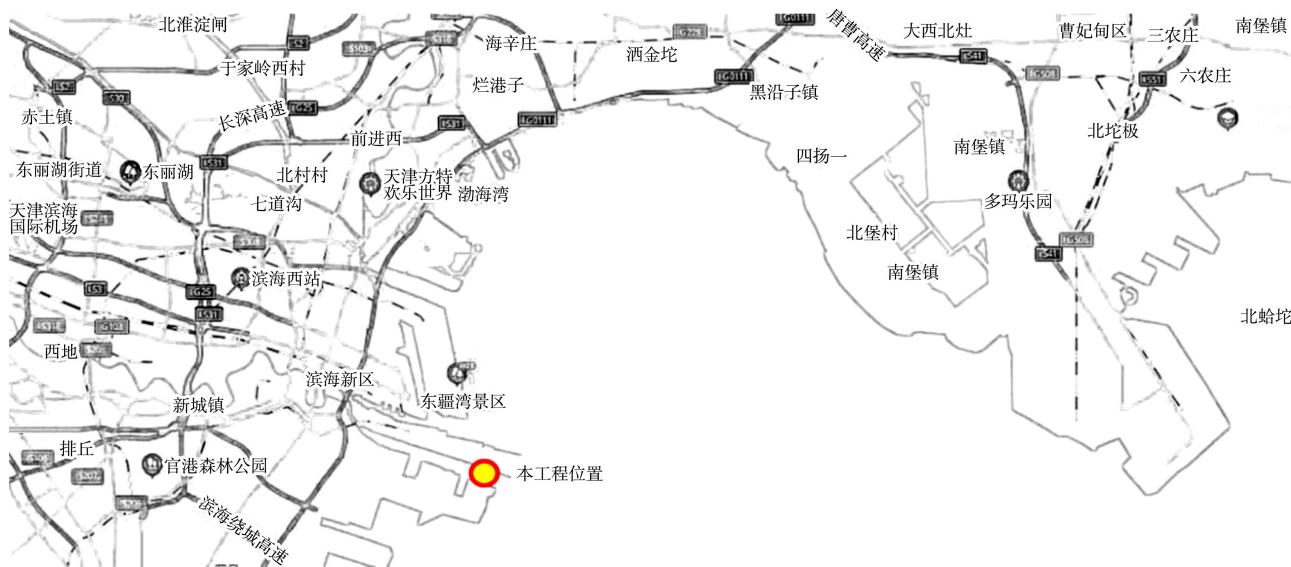


图 1 工程位置

本文介绍双层扭王字块在天津港某防波堤护岸结构工程中的应用，并对结构施工中所遇到的技术难题提出相应的解决方案，为双层扭王字块在护岸结构工程中的进一步推广应用提供技术指导。

2 双层扭王字块的优化设计

该工程原初步设计推荐使用堤身全段为潜堤的方案，潜堤较长时间处于海水淹没状态，附近船舶通行频繁，偶有发生船舶在潜堤段搁浅及碰撞的情况，因此，对初步设计的研究结论进行优化调整，依据《防波堤与护岸设计规范》^[1]对潜堤顶工程进行优化调整，在原有潜堤方案的基础上增加出水堤、混合堤（出水堤+潜堤）方案进行比选。

2.1 增设扭王字块预选方案

为保证加高后的堤顶块体以及堤身整体的稳定，在堤身外侧增设扭王字块护面块体，考虑到现状已完工的北防波堤潜堤段航道侧已按相关规划做成了出水堤与潜堤坡面平行的形式，再对潜堤段全长 850m 堤段的坡面增设扭王字块会导致潜

堤段坡面向航道侧突出，可能给航道内船舶的安全通航带来隐患，故本次设计变更仅对防波堤外海侧坡面增设扭王字块，通过整体稳定计算，可满足堤顶块体以及堤身整体的稳定^[2-3]。

1) 方案 1：堤顶新增 6 t 扭王字块。在北防波堤潜堤段（N1+500—N2+350）外海侧堤身上随机安放 1 层质量为 6 t 的扭王字块体，堤顶并列随机安放 3 块 6 t 扭王字块体。2) 方案 2：堤顶新增 9 t 扭王字块在北防波堤潜堤段（N1+500—N2+350）外海侧堤身上随机安放 1 层质量为 6 t 的扭王字块体，堤顶并列安放 2 排 9 t 扭王字块体。防波堤加高段外海侧抛石平台上方增设厚度 1.1 m、规格 300~500 kg 抛石。3) 方案 3：堤顶新增 12 t 扭王字块。在北防波堤潜堤段（N1+500—N2+350）外海侧堤身上随机安放 1 层质量为 6 t 的扭王字块体，堤顶并列安放 2 排 12 t 扭王字块体。防波堤加高段外海侧抛石平台上方增设厚度 1.1 m、规格 300~500 kg 抛石。

各方案结构尺度见表 1，各方案典型断面见图 2。

表 1 各方案防波堤尺度

方案	堤段	桩号	堤顶高程/m	堤顶宽度/m	堤顶扭王块体质量/t
1	北防波堤潜堤段	N1+500—N2+350	4.30	5.83	6
2	北防波堤潜堤段	N1+500—N2+350	4.53	4.11	9
3	北防波堤潜堤段	N1+500—N2+350	4.73	4.90	12

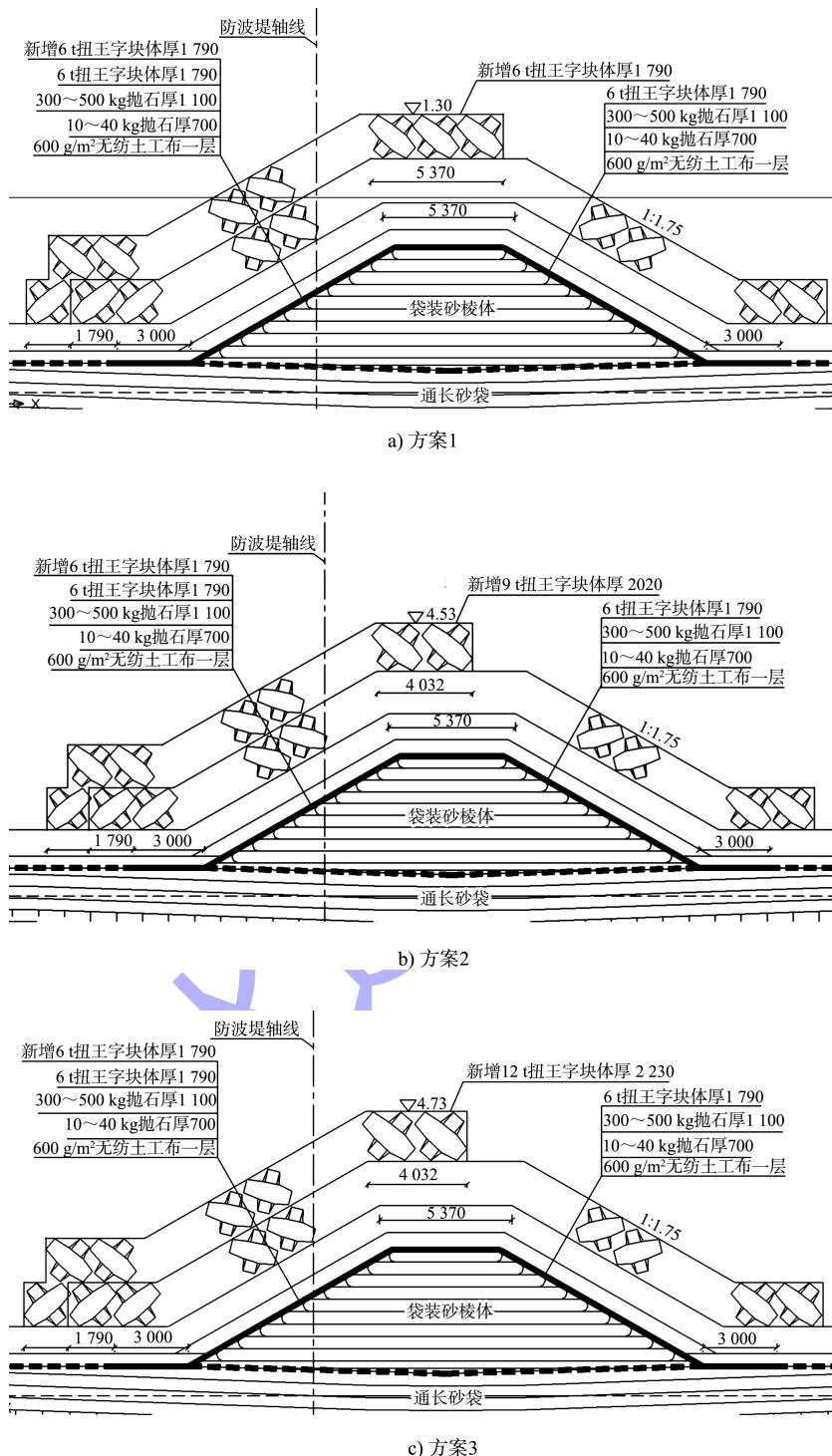


图 2 各方案典型断面 (高程: m; 尺寸: mm)

2.2 方案比选

2.2.1 使用功能

方案 1 在堤顶增设 6 t 扭王字块体，变更后堤顶高度接近设计高水位；方案 2 堤顶增设 9 t 扭王字块体，变更后堤顶高程达到 4.53 m，方案 3 堤顶增设 12 t 扭王字块体，变更后堤顶高程达到 4.73 m，

两者均在不超出设计高水位 0.2 倍的设计波高值范围内。从堤顶出水、防止船舶穿行的功能角度看，堤顶高程越高，防止船只搁浅事故发生的效果越好，因此方案 3 最优，方案 2 其次，方案 1 良好。

2.2.2 施工复杂程度

方案 1~3 均需要对已建防波堤潜堤段进行较

大改变，增加防波堤的工程量，尤其是海上吊装扭王字块体的施工有一定难度；方案 1 需要安放的扭王字块体均为 6 t，方案 2、3 均有 2 种尺寸扭王字块体，因此方案 1 在块体预制和施工难度较方案 2、3 稍低。

2.2.3 双层扭王字块稳定性

根据《防波堤与护岸设计规范》表 4.3.7 的规定，扭王字块体护面块体容许失稳率为 0%。通过波浪断面物理模型试验得出方案 1、2 均不满足规范要求，仅方案 3 满足。

2.2.4 工程造价

各方案防波堤每延米新增工程费用以及工程经济技术指标见表 2。

表 2 各方案防波堤每延米新增工程费用及工程经济技术指标

方案	每延米新增工程费用/万元	工程费用/万元			总概算/万元
		其他费用/万元	预备费用/万元		
1	2.24	1 708.90	103.54	90.62	1 903.06
2	2.64	2 031.39	108.92	107.02	2 247.33
3	2.71	2 083.79	109.80	109.68	2 303.26

2.3 方案确定

综上所述，考虑到已建防波堤为永久性防波堤，为防止船舶通航造成搁浅及碰撞宜采取更为可靠的结构，同时根据物理模型试验结果，从堤身设计的安全性及稳定性角度考虑（表 3），设计变更推荐采用方案 3。

表 3 方案对比

方案	使用功能	施工复杂程度	块体稳定性	每延米新增工程费用/万元
1	良	难度稍低	不满足	2.24
2	优	难度高	不满足	2.64
3	最优	难度高	满足	2.71

3 双层扭王字块安装施工技术难点与针对性措施

根据对施工图纸的充分分析与理解，以及对现场的实地勘察，可以认识到本工程具有施工强度大、工期紧、有效作业时间短、施工工序相互交叉、气象及水位对施工影响大、通航与施工存在矛盾等特点，施工过程中必须注意以下施工特点和难点，并制定有效的应对措施，同时提供相

应的预案。

3.1 工程紧邻航道且为浅堤段工程

本工程为防波堤浅堤段工程，堤身结构主要在水中，紧邻航道，一旦发生堤身安全事故将造成难以估量的损失，影响巨大。

首先，保证堤身稳定是本工程的施工重点。在施工过程中，应密切观测防波堤沉降及位移，当观测值超过相关规定要求时，按照安全施工预案，采取如下措施^[4-5]：1) 及时与监测单位沟通，缩短防波堤监测周期，增加监测频率，对出现数据超限的区域实施重点监测。2) 加密防波堤巡视频率，对超限区域重点关注，昼夜安排值班人员，并按要求填写巡视记录。3) 如果在现场暂停施工后，监测数据仍然存在超限情况，应查看超限区域状况，结合现场情况深入分析事故原因，研究决定是否进一步采取反压措施，进而安排石料，落实反压区域的具体位置和阶段实施时间。4) 如果后续观测数据稳定，根据数据情况适时恢复施工。

3.2 多采用水上吊装构件的安装难度较大

本工程需要大量的预制构件，需要精心组织，确保预制构件生产的质量和进度满足工程的整体需求。现场预制构件安装采用水上吊装设备，安装难度较大。部分施工区域水深较浅，需要乘潮施工，以满足工程船舶的吃水要求；同时施工区域在外海，为开阔区域，风浪大，且船舶出入频繁。

本工程扭王字块数量较大，为了满足运输及安装的要求，采取预制场水上运至施工现场，安装时采取船舶 12 h 作业制，保障施工进度要求。可采取如下措施^[6]：1) 提前做好计划，安排好机械设备，并配备一定的富余量。2) 根据情况做好增加作业船舶设备的日工作时间，有必要采取 12 h 作业制的情况下，做好相关保障工作。3) 合理分配施工作业面，创造流水节拍，满足进度要求进行流水作业，尽可能提前安排扭王字块施工，在具备作业面之后及时安排后续施工，并确保施工效率。4) 根据现场完成情况及时进行计划调整，

并制定相应的措施。

3.3 控制影响工程总进度的重要节点

防波堤堤身是继防波堤基础之后施工期间的关键工序，其能否按期完成决定整个工程能否按计划完成，进而影响整个工程能否如期竣工，因此节点工期务必得到有效保证。所以，须在堤身施工过程中加大施工强度，在保证施工安全的情况下采用乘潮作业保证节点工期，为后续工程创造施工条件。在进行重要工序施工时，每天召开进度分析会，根据施工情况滚动调整施工计划，并制定可靠的进度保证措施。

3.4 施工掩护条件较差

本区域施工掩护条件较差，风浪及潮流较大，以水下施工居多，一旦遇到大风恶劣天气，需要采取有效的成品保护措施，以防止恶劣施工环境导致成品破坏。可以采用水陆并进的施工方案（具备陆上施工条件的部分采用陆上施工），加大设备和人员投入，尽可能多地化水上施工为陆上施工，提高施工工效。另外，为避免风浪及潮流影响，运砂船舶尽量选择较大规格以保证抵抗风浪的能力。

本工程成品保护主要考虑袋装砂在出水面部分施工时进行保护，可采取如下措施：

1) 提前做好防护方案，在完成堤身后及时进行抛石施工，先对堤身的坡脚部分进行压护，在坡脚压护完成后，再逐渐向堤身施工，逐层施工，流水作业，对已完成抛石段及时整平，并进行下一层抛石施工，确保施工合理有序进行；为了对袋装砂施工成品进行保护，对位于潮间带的已完成的袋装砂成品实施重点保护。2) 在进行成品保护阶段，安排人员和船舶进行巡视，填写巡视记录，发现问题立即采取措施，确保防护措施到位。

3.5 工程与其他航道存在较大的施工干扰

本工程施工与大沽口航道存在较大的施工干扰，如充填袋及软体排的铺设、进场道路的选择、吹砂管线的布设、运砂船舶的运输和作业等。此外，由于本工程施工强度高，需要采取多点作业，各区段和工序间交叉施工容易产生施工干扰。

在本工程实施过程强化施工组织管理，严肃施工纪律。施工前，与临近工程做好沟通，尽量避免彼此干扰。为确保进出港航道口免受施工干扰，采取如下措施^[7]：1) 安放水上警戒设施，以防止夜间外来船只误入施工区域发生危险。2) 设置系缆浮鼓，防止施工船舶乱停靠引发安全事故。3) 在施工过程定期安排船舶进行安全巡视，对误进入施工区域的船舶引导至安全区域，防止外来船舶安全隐患。施工时如果发生进出港航道船舶对施工造成影响，应及时进行沟通，通过合理合法的途径寻求解决问题的方法。

4 结语

1) 类似潜堤工程可采用双层扭王字块护面结构解决过往船舶搁浅及碰撞问题，并且该护面结构满足堤顶及堤身整体的稳定性，可保障航行船舶安全及防波堤自身安全。

2) 本文的双层扭王字块实际施工过程的技术难点和解决方案可对相关双层扭王字块护岸工程起到一定的指导意义。

参考文献：

- [1] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司.防波堤与护岸设计规范: JTS 154—2018[S].北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- [2] 陈海龙, 文君锋, 武政, 等.某炼化一体化项目配套原油码头工程深水防波堤设计优化[J].水运工程, 2020(9): 97-102.
- [3] 倪靖宇, 于蕴泽.扭王字块体护面潜堤加高方案[J].水运工程, 2020(12): 118-122.
- [4] 高勇, 陈海龙.双层扭王字块护面在深水防波堤结构中的应用[J].水运工程, 2020(8): 59-63, 90.
- [5] 付明刚, 邓迪.护岸防波堤工程扭王字块预制及安装施工工艺技术[J].中国水运(下半月), 2020, 20(6): 156-157.
- [6] 谢树杰, 段建剑, 高云龙.扭王字块 RTK 系统定点安装工艺[J].水运工程, 2018(12): 216-219.
- [7] 刘康利, 牛桂莲.扭王字块预制及安装质量控制措施[J].珠江水运, 2018(4): 56-57.